

A. Programa de Prevención y Control de la
Desertificación y Abastecimiento de Agua a
Comunidades de la Región Mixteca



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
INSTITUTO DE HIDROLOGIA

PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA DESERTIFICACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUA A COMUNIDADES DE LA REGIÓN MIXTECA.

La degradación de tierras engloba diversos procesos que afectan la integridad de los ecosistemas terrestres, comprometiendo sus funciones como hábitat para la biodiversidad, a la recarga de acuíferos, a obras de infraestructura hidráulica, a la calidad del aire y a la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos como inundaciones o sequías.

La región Mixteca Oaxaqueña es una de las regiones de México más fuertemente afectada por la degradación de sus recursos naturales, debido a condiciones climáticas, topográficas y al mal manejo de dichos recursos. Esta situación es más evidente en los municipios pertenecientes al distrito de San Juan Bautista Coixtlahuaca, donde se encuentra el territorio más degradado de dicha región y posiblemente de México. El estado actual de degradación es resultado de la interacción compleja entre las condiciones sociales y la necesidad de obtener satisfactores mediante el aprovechamiento de los recursos naturales, como es el caso de la elaboración manual de sombreros de palma, extracción de madera y leña, y sobrepastoreo con ganado caprino, ante la falta de otras fuentes de ingreso. Lo anterior ha ocasionado que la vegetación de la región se encuentre muy degradada, a tal grado que el suelo está prácticamente desprovisto de vegetación.

En México se han realizado diversos programas de manejo de cuencas en áreas piloto con el objetivo de reducir la erosión del suelo, mediante la aplicación de diversas prácticas conservacionistas como terrazas, tinas ciegas, reforestación, construcción de presas de mampostería o gaviones, bordos a nivel, etc.. Ejemplos representativos son la cuenca del río Texcoco, cuenca del lago de Patzcuaro, cuenca de las lagunas de Cuitzeo, Tuxpan y Yuriria, cuenca del río Colorado y la cuenca de la Presa Valsequillo, entre otras.

Estos programas se caracterizaron por ser acciones de programas de gobierno específicos para resolver problemas de carácter local, en los que no existió un esquema de planeación del uso de los recursos naturales en el ámbito de cuenca y los productores participaron como empleados del programa sin llegar a establecer programas reales de manejo de los recursos de cualquier cuenca hidrográfica.

A nivel región mixteca, el programa de conservación y rehabilitación de recursos naturales más completo es el implementado por la "comisión del Papaloapan", la cual se creó debido a que las partes bajas de la cuenca del río Papaloapan, sufrían constantes inundaciones debido a la deforestación en las partes altas (región mixteca). Esta comisión fue responsable de planear y



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

INSTITUTO DE HIDROLOGIA

ejecutar los programas para el desarrollo integral de la cuenca, para lo cual realizó obras de retención de sedimentos en los ríos, presas de almacenamiento para la regulación de avenidas, establecimiento de huertos frutales, de sistemas hidrométricos de aforo, instalación de estaciones meteorológicas y se efectuaron trabajos de conservación de suelo y agua en la parte alta de la cuenca. Localmente, otras instituciones han realizado acciones y estudios regionales bajo el enfoque de manejo integral de cuencas.

Las prácticas de conservación de suelo y agua proporcionan la posibilidad de controlar y conservar el suelo y a retener la mayor parte del agua de lluvia. Sin embargo, los suelos de la región mixteca están muy degradados, se reforestó con especies vegetales no nativas y los habitantes de esta región participaron como empleados de dichos programas de rehabilitación, por lo cual se invirtieron millones de pesos en acciones que tuvieron poco efecto en la prevención o control de la degradación de los recursos naturales, evidenciando en poca superficie reforestada sobreviviente.

El enfoque holístico empleado por la Universidad Tecnológica de la Mixteca, considera que existen un conjunto de prácticas de conservación y rehabilitación de recursos naturales y el empleo de especies nativas para reforestar. En diversas comunidades de la región se han evaluado con éxito especies nativas con alto potencial para reforestar, en las condiciones de suelo, topografía y clima, lo cual contribuirá a aumentar la infiltración del agua de lluvia recargando acuíferos para abastecer de agua potable a las comunidades asentadas en la región.

El distrito de Coixtlahuaca tiene 11 municipios con grado de marginación alto y 2 con marginación media. La población en la mayoría de municipios y comunidades es inferior a 1000 personas y se abastecen de agua potable en manantiales que anualmente disminuyen su caudal. El crecimiento poblacional está demandando más agua, lo cual se está convirtiendo en un problema ante la disminución del caudal de manantiales y mayor profundidad del manto freático.

La implementación del programa de prevención y control de la desertificación en la región mixteca, surge como inquietud de diversas comunidades por restaurar el paisaje mediante la reforestación. Los municipios de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Santa María Nativitas, San Miguel Tequixtepec, Santiago Ihuitlán Plumas, Tlacotepec Plumas, San Cristóbal Suchixtlahuaca, San Francisco Teopán, Tepelmeme, principalmente, han participado en programas de reforestación y continúan con el interés por contribuir a la rehabilitación de las cuencas de la región.

Son las comunidades quienes promueven y participan activamente en la reforestación y como ejemplo en San Cristóbal Suchixtlahuaca se ha reforestado en 2007, 2008 y 2009. En 2009 se reforestó con 40 mil plantas de *pinus oaxacana* y es en esta comunidad donde se piensa establecer, en coordinación con el gobierno de México, un centro demostrativo de prevención y control de la certificación. Asimismo, en las reforestaciones se ha involucrado como factor de concientización a los niños de las escuelas de la región.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA INSTITUTO DE HIDROLOGIA

Para el éxito del programa de prevención y control de la desertificación, es necesario realizar un conjunto de proyectos que consideren:

- Evaluar la eficiencia de las obras de conservación de suelo y agua realizadas en la región por diversas instituciones.
- Evaluar el efecto de la reforestación con diversas especies y de diferente época en las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Realizar el estudio agrológico de tierras para identificar el uso potencial del suelo y planificar las actividades de rehabilitación.
- Realizar el análisis espacial y temporal del uso del suelo en Coixtlahuaca, empleando sistemas de información geográfica.
- Establecer el centro demostrativo de lucha contra la desertificación, el cual considera como aspecto fundamental realizar investigación sobre el efecto de diversas obras de conservación de suelo y agua, en la disminución del escurrimiento superficial y erosión del suelo para lo cual se establecerán lotes de escurrimiento. Sobre la recarga de acuíferos mediante el aforo continuo de manantiales. Sobre la biodiversidad en el área reforestada y algunas propuestas nuevas durante el desarrollo del proyecto.

Estas son algunas acciones inmediatas a desarrollar y los resultados se utilizarán, en general, para planificar las actividades de rehabilitación a realizar en terrenos degradados para disminuir la desertificación.

Para ello se cuenta con cuatro alumnos de la **E.T.S.I. de Montes** de la **Universidad Politécnica de Madrid** que realizarán en el Instituto de Hidrología de la Universidad de la Mixteca (Oaxaca, México), los siguientes proyectos, relacionados con los puntos anteriormente expuestos como objetivos del **PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA DESERTIFICACIÓN Y ABASTECIMIENTO DE AGUA A COMUNIDADES DE LA REGIÓN MIXTECA**:

- *“Metodología para la planificación de las obras de conservación de suelos en el Distrito de Coixtlahuaca a partir de la evaluación de las preexistentes”*, por Carlos Jiménez Barrios.
- *“Evaluación de los efectos de las reforestaciones a partir de parámetros físico-químicos del suelo y criterios socioeconómicos para la planificación de actuaciones futuras en el Distrito de Coixtlahuaca”*, por María del Riego Ceña.
- *“Análisis espacial y temporal del uso del suelo en el Distrito de Coixtlahuaca”*, por Elena Herrero Rodríguez.
- *“Planificación rural sostenible en el Distrito de Coixtlahuaca”*, por M^a Jesús Serra Varela.

La continuidad de este proyecto se asegura mediante posible apoyo de la Comisión Nacional Forestal de México por un mínimo de cinco años y en convenios de colaboración que se tiene con algunos municipios del área de estudio con vigencia de 10 y 20 años. En estos convenios se



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA

considera realizar diferentes actividades como: identificar el uso óptimo del suelo, realizar reforestaciones con especies vegetales nativas en lugares prioritarios, identificar los sitios adecuados para la captación y aprovechamiento de agua de lluvia, y en general en realizar, todas aquellas acciones que contribuyen al manejo integral de cuencas.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano la atención prestada al presente; aprovecho la ocasión para enviarle cordiales saludos.

ATENTAMENTE
Labor et Sapientia, Libertas
H. Cd. de Huajuapán de León, Oax.
14 de octubre de 2009

Dr. Fidencio Sustaita Rivera
Profesor Investigador
Instituto de Hidrología



B. Modelo de Cuestionario y Estadillo de campo

Cuestionario sobre Obras de Conservación de Suelos y Percepción de la Erosión **COIXTLAHUACA**

Nombre:

Municipio:

Dedicación:

Fecha:

➤ **Las obras de Conservación de suelos de la Comisión del Papaloapan**

¿Qué obras de conservación de suelos conoce en su municipio? ¿Dónde están?

¿En qué año recuerda que las construyeron?

¿A quién pertenece el suelo? ¿Qué uso tenía ese terreno antes de la obra? ¿Y después?

➤ **La planificación, ejecución y percepción de las Obras de Conservación de Suelos de la Comisión del Papaloapan**

¿Quién decidía dónde y cómo se hacían? ¿Participaron en el planeamiento? ¿Y en la ejecución?
¿Recibieron remuneración?

¿Estuvieron de acuerdo en su ejecución? ¿Hubiese preferido que no hubiesen intervenido?

¿Cree que sirvieron para algo? ¿Éxito o fracaso? ¿Por qué?

¿Qué cambios ha percibido a corto y largo plazo?

¿Era poco productivo el suelo?, ¿Y ahora? ¿Ha aumentado el rendimiento de los cultivos en las terrazas? ¿Y la producción de pastos? ¿Es menor *temporalera* la cosecha?

¿Ha percibido menor pérdida de suelo?

¿Hacen trabajos de mantenimiento? ¿Por qué?

➤ **La Erosión y las Obras de Conservación de Suelos en la actualidad**

¿En la **actualidad** realizan obras de conservación? ¿De qué manera las deciden? ¿Quién las realiza?
¿Reciben remuneración?

¿Estaban entonces preocupados por el problema de la erosión? ¿Y ahora? ¿Cómo de presente es el tema en su vida cotidiana? ¿Se reúnen para hablarlo? ¿Han mejorado sus conocimientos sobre conservación?

¿En qué sentido limita la erosión su vida? ¿Cree que la degradación es causa directa de la emigración? ¿Ha notado cambios en la disponibilidad y calidad del agua?

Estadillo sobre Obras de Conservación de Suelos

COIXTLAHUACA

1.- Descripción

Nº ud. obra:

→ Fecha:

Nº fotos:

Municipio/Agencia:

Coordenadas UTM + altitud:

→ Tipo de obra:

Fecha de realización, autor y promotor:

Características técnicas:

¿Técnicamente correcta? ¿Alternativa de no ser así?

Estado de conservación:

→ Uso pasado / Uso actual / Uso potencial:

2.- Agentes externos responsables

→ **Clima**

→ **Relieve**

Posición en la ladera:

Pendiente de la ladera:

Orientación:

Longitud de escorrentía:

→ **Vegetación**

Cubierta vegetal

Origen:

Densidad:

Altura media:

Grado de cobertura:

Cubierta sobre suelo:

→ **Suelo**

Tipo:

Profundidad:

Propiedades del suelo (EN LABORATORIO) ->Nº Muestras:

Textura:

Materia orgánica:

Estructura (DMP)

V. infiltración:

Capacidad de retención de agua:

→ **Uso del suelo:**

3.- Procesos Erosivos

3.1.- Caracterización general del Tipo, Estado y Severidad de la Erosión con Obra de Conservación de Suelo y sin ella, a partir de parámetros visuales cualitativos. Indicar motivos. **Fotos:**

	Zona de Control	Zona con Obra
→ Estado de la Erosión:		
→ Erosión por Salpicadura:		
→ Erosión Laminar:		
→ Erosión en Regueros:		
→ Erosión en Cárcavas: ¿Estabilizada o remontante?		
→ Movimientos en masa:		

3.2.- Otros indicadores visuales de la Erosión. Caracterización particular. Motivos.

Fotos:

Posición en la ladera:

	Zona de Control	Zona con Obra
→ Exposición de raíces de árboles:		
→ Medición de montículos en la base del árbol:		
→ Capa acorazada/Espesor del encostramiento o sellado:		
→ Acumulación de suelo detrás de barreras:		
→ Tasa de enriquecimiento (pozos de sedimentación):		
→ Reducción de la profundidad del suelo		
Notas en campo:		

C. Adaptación de Tablas FAO para la
evaluación de los procesos erosivos

Evaluación Cualitativa de la Erosión

Estado, Tipo y Gravedad

A continuación se exponen los criterios seguidos para la clasificación de los distintos procesos erosivos que caracterizan tanto la zona de control como la zona con obra de conservación de suelos.

La erosión en cauces o las cárcavas de fondo de valle no han sido consideradas, puesto que la evaluación se centra en aquellos procesos susceptibles de ser modificados por las obras de conservación de suelos, entre las que no se encuentran obras longitudinales o transversales para retención de sedimentos por su escasa presencia en el Distrito de Coixtlahuaca debido a razones económicas y técnicas.

Estos criterios proceden de la traducción de las Tablas propuestas por la FAO a través de la Herramienta 5 del LADA (Tool 5. Qualitative Soil Erosion Assesment: Status, Type and Severity), y su conveniente adaptación a las peculiaridades del Distrito de Coixtlahuaca.

Además se han incluido comentarios y fotografías que ayuden a ilustrar los distintos procesos erosivos que se distinguen y los criterios que decidan su inclusión en una u otra categoría.

1. Estado de la Erosión

Debido a la gravedad de la erosión se ha adaptado este criterio al Distrito de Coixtlahuaca a partir de la observación del resto de procesos erosivos, con una visión global. De tal forma que a pesar de la actividad de algún tipo de proceso erosivo pueda considerarse una parcela estabilizada si en su balance global no se produce emisión de sedimentos en la ladera. Dado el mal estado generalizado de la región, no hacerlo así supondría no afinar ninguna conclusión en cuanto al efecto global de la obra respecto a los cinco procesos erosivos considerados, siendo el resultado siempre “activo” para todas las obras o sin ellas.

➤ **Estabilizada**

A pesar de posibles evidencias de movimientos recientes porque algún proceso erosivo esté activo, no se advierte emisión de sedimentos en la ladera, considerando el balance global del conjunto de los procesos erosivos.

➤ **Parcialmente estabilizada**

Hay erosión por salpicadura, laminar o en regueros, y una de estas dos últimas provoca emisión de sedimentos a la red de drenaje.

➤ **Activa,**

Además de posible actividad en erosión por salpicadura, laminar o en regueros que puedan producir pérdidas de suelo en la ladera, hay cárcavas y/o movimientos en masa activos que también lo hacen.

2. Erosión por Salpicadura

➤ No aparente

No hay signos evidentes de erosión por salpicadura, pero esta puede haber sido enmascarada por la labranza, por ejemplo.

➤ Ninguna, No hay evidencias visuales de erosión por salpicadura.

➤ Leve

- Alguna evidencia visual de erosión por salpicadura, debido a la presencia de partículas de suelo que han salpicado los tallos y enveses de las hojas de la cubierta vegetal más próxima al suelo.
- Algunos signos de superficie de sellado debido al impacto de las gotas de lluvia.
- Superficie de sellado delgada (<5 mm) y fácil de romper.

➤ Moderada

- Señales claras de salpicadura, que ha lanzado las partículas del suelo sobre tallos y enveses de las hojas formando una capa delgada.
- Signos claros de superficie de sellado debido al impacto de gotas de lluvia.
- Una superficie de costra de hasta un centímetro de espesor y moderadamente fácil de romper.

➤ Severa

- Muestra clara de la salpicadura masiva de las partículas del suelo por la presencia de una capa distinta de suelo en tallos y enveses de las hojas de la cubierta más próxima al suelo.
- Superficie clara de sellado debido al impacto de la gotas de lluvia.
- Una costra dura en la superficie de más de un centímetro de espesor.

El efecto de consolidación y dispersión que provoca sobre las partículas de suelo la salpicadura se traduce visualmente en costras de sellado y pequeños pedestales bajo elementos duros, pequeñas piedras generalmente, que no se ven afectadas por el impacto de la gota.



Fig. A.1. Costra superficial que reduce la infiltración y dificulta el cultivo en terrazas (unidad de obra T-13).



Fig. A.2. Pedestales y costras provocados por la erosión por salpicadura (unidad de obra T-14).

3. Erosión Laminar

➤ **No aparente**

No hay signos evidentes de erosión laminar, pero la evidencia de erosión laminar menor podría haber sido enmascarada por la labranza reciente.

➤ **Ninguna**

No hay indicadores visuales de erosión laminar.

➤ **Leve**

- Alguna evidencia visual de movimiento de las partículas del suelo ladera abajo a través de la superficie de lavado.
- No hay evidencia de desarrollo de pedestal.
- Sólo unas pocas raíces superficiales expuestas.

➤ **Moderada**

- Signos claros del transporte y deposición de partículas de tierra vegetal cuesta abajo a través de la superficie de lavado.
- Algunos árboles, pastos y/o raíces de los cultivos expuestos sin la capa superior del suelo.
- Evidencia de tierra vegetal retirada, pero sin exponer horizontes del subsuelo.

➤ **Severa**

- Muestra evidentes de transporte al por mayor y deposición de partículas de tierra vegetal cuesta abajo a través de la superficie de lavado.
- Pedestales individuales de más de 5 cm. de altura.
- Amplia exposición de árboles, hierba y/o raíces de los cultivos.
- Horizontes del subsuelo expuestos en o cerca de la superficie del suelo.

Una de las evidencias más fácilmente observables es el aumento de la pedregosidad en la superficie del suelo como consecuencia de lavado selectivo de las partículas más finas, que son arrastradas por el flujo superficial.



Fig. A.3. Pérdida de la fertilidad del suelo por el lavado de la capa superficial (unidad de obra B-9).



Fig. A.4. Exposición de raíces en árboles por erosión laminar (unidad de obra C-1).

4. Erosión en Regueros

Un reguero es un pequeño surco de menos de 30 cm de profundidad, que puede ser totalmente suavizado por el cultivo con implementos de tracción mecánicos o animales, aunque las líneas de la depresión en el terreno pueden permanecer en donde el cultivo se hace a mano.

➤ **Ninguna**

Ningún surco dentro de la parcela. Partes y/o lechos de regueros están reforestados.

➤ **Leve**

Regueros poco profundos, relativamente desprovistos de vegetación, (<10 cm de profundidad) que afectan a no más del 5% de la superficie.

➤ **Moderada**

Presencia de regueros poco a moderadamente profundos (<20 cm de profundidad) y /o regueros que afectan hasta un 25% de la superficie.

➤ **Severa**

Presencia de surcos profundos (hasta 30 cm de profundidad) y/o regueros que afectan a más del 25% de la superficie.

5. Erosión en Cárcavas

Una cárcava es un canal mayor de 30 cm de profundidad. Forma un impedimento físico para el movimiento transversal de animales o máquinas/aperos de labranza y no pueden ser suavizadas mediante el cultivo común.

➤ **Ninguna**

No hay presencia de cárcavas. Partes y/o lechos de cárcavas están reforestados.

➤ **Leve**

Cárcavas poco profundas (<0,5 m de profundidad) que afectan a no más del 5% de la superficie.

➤ **Moderada**

Presencia de cárcavas someras hasta moderadamente profundas (0,5-1 m de profundidad) y/o cárcavas que afectan al 5-25% de la superficie.

➤ **Severa**

Presencia de cárcavas profundas (> 1 m de profundidad) y/o que afecten a más del 25%.



Fig. A.5. Regueros (unidad de obra Z-6).



Fig. A.6. Cárcavas (unidad de obra Z-2).

6. Movimientos en Masa.

Relativamente gran movimiento ladera abajo del suelo y/o roca, por ejemplo deslizamientos, hundimientos, flujos de tierra y avalanchas de escombros, causado por un desequilibrio gravitacional donde el agua es factor desencadenante pero no agente erosivo ni de transporte.

En este caso, para la escala estudiada y los casos observados en el Distrito de Coixtlahuaca, se consideran como movimientos en masa a relativamente pequeños desplazamientos de tierra en ladera, que si bien se producen en una menor magnitud que la comúnmente asociada al término de “movimientos en masa”, por su frecuencia y diferencia con el resto de procesos erosivos, se han incluido para la caracterización de la erosión.

Estado

➤ **Activo**

Cicatrices del deslizamiento claramente visibles con límites definidos y menos del 10% de cobertura vegetal en la zona de deslizamiento de tierra.

➤ **Estabilizado/Inactivo**

Cicatrices del deslizamiento todavía detectables, pero ya no con límites definidos y con más del 50% de la cubierta vegetal en la zona de derrumbe.

➤ **Parcialmente estabilizado**

Cicatrices de deslizamiento visibles; cubierta vegetal del 10-50% de la superficie de deslizamiento.

Severidad

➤ **Ninguno**

No hay evidencia de movimiento de masas (no hay signos de deslizamientos de tierra o caída en masa).

➤ **Leve**

Eventos aislados de movimiento de masas, de pequeño tamaño y/o que afectan a menos del 0,1% de la superficie total.

➤ **Moderado**

Un número moderado de movimientos de masa individuales, de pequeños a moderados en tamaño y/o que afecta hasta al 1% de la superficie total.

Severo

Número considerable de movimiento de masas, pueden ser de gran tamaño y/o que afecten a más del 1% de la superficie total.



Fig. A.7. En el material incoherente, por su escasa cohesión, gruesa granulometría y alta pendiente, se pueden producir movimientos en masa desencadenados por el agua pero continuados por la inestabilidad gravitacional (unidad de obra T-10).

D. Técnicas de laboratorio empleadas para el
análisis del suelo

Las muestras recogidas se analizaron en los Laboratorios de Hidrología y Edafología, instalaciones que forman parte del Instituto de Hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca y que aportaron los recursos materiales también apoyo en los humanos. Los análisis se realizaron siguiendo la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 cuando la prueba estaba contemplada por esta, recurriendo a bibliografía complementaria de no ser así.

Textura

El análisis textural de la tierra fina consiste en indicar, para un suelo dado, la proporción que ocupa en él cada elemento constituyente, según escala granulométrica americana: elementos gruesos, arena (partículas entre 2mm y 50 μm), limo (50 μm -2 μm) y arcilla (<2 μm).

Este parámetro resulta de gran interés por su influencia en las condiciones de infiltración del suelo, porosidad y en la capacidad de retención de agua del mismo, así como por las características especiales de las arcillas y su relación con la materia orgánica; puesto que la textura de un suelo es una propiedad que puede cambiar por el manejo, o la ejecución de obras de conservación como consecuencia de la incorporación a la superficie del suelo de horizontes inferiores de distintas características, la existencia de un horizonte petrocálcico, etc. Las partículas de mayor tamaño son más resistentes al transporte debido a la mayor fuerza necesaria para arrastrarlas; y las partículas finas con resistentes al desprendimiento por su cohesión, por ello las partículas menos resistentes son los limos y las arenas finas.

Como aconseja la norma mexicana NOM-REC NAT-2000, se ha usado para la determinación de la textura el procedimiento de Bouyoucos, basado en el hecho de que la velocidad de caída de las partículas del suelo a través del agua aumenta con el diámetro de las mismas.

Previamente se procedió a moler toda la muestra y a su tamizado a 2 mm, ya que todos los análisis que siguen se efectúan sobre la tierra fina. Una vez pesado y separados los gruesos, se pasó al análisis textural de la tierra fina con el método de Bouyoucos (fig. A.8.). Se elimina la agregación debida a la materia orgánica mediante peróxido de hidrógeno al 6% y la floculación debida a los cationes calcio y magnesio con hexametáfosfato de sodio al 1%, pero no se eliminan otros cementantes como carbonatos. El tiempo de lectura con el hidrómetro se escogió de 40 segundos para la separación de las arenas y 2 horas para limos y arenas. Las partículas que en ese tiempo no han floculado, son las arcillas. Las lecturas obtenidas con el hidrómetro de Bouyoucos se corrigieron según la Norma según la temperatura y se obtuvieron los porcentajes de arena, limo y arcillas.

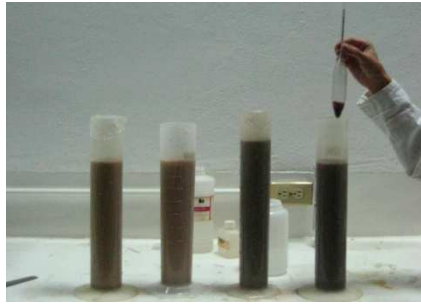


Fig. A.8. Preparación y lecturas con hidrómetro.

Susceptibilidad al encostramiento

Es un parámetro físico que depende de la estructura del suelo y que se interpreta a partir de la distribución de los agregados en seco: es la estructura o el arreglo de las partículas del suelo, entendiendo como partículas, no solo las fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas.

La susceptibilidad al encostramiento está relacionada con la estabilidad de agregados, a través del tamaño de los mismos. El encostramiento se debe a la reordenación de las partículas (principalmente limos en una matriz más arenosa) y la compactación por el impacto de la gota de lluvia. La costra superficial produce una disminución de la velocidad de infiltración y aumento de la escorrentía, a efectos erosivos, pero también una dificultad para el cultivo.

Para el análisis de la distribución del tamaño de agregados del tamizado en seco se usó el método propuesto por Kemper y Rosenau (1986), al no encontrarse especificado en la NOM-RECNAT-2000 y consistió en tamizar las muestras, que fueron secadas al aire durante un mes. Los agregados menores a 6,35 mm se colocan en una columna de tamices de 6.35, 4.7, 2.0, 1.0, 0.5 y 0.25 mm. El tamizado se realizó con un agitador eléctrico cedido por el Instituto de Geología y Minería de la UTM, por un periodo de 20 minutos. Se pesó la fracción retenida en cada tamiz y se calculó su contenido proporcional.

A partir de este tamizado en seco se obtuvo para cada muestra el diámetro medio ponderado (DMP), como media de las clases diamétricas ponderadas al peso total. Y este es clasificado con una escala cuantitativa propuesta por Le Bissonnais (1996), que considera la susceptibilidad al encostramiento y estabilidad de las muestras en base a este valor que asigna “encostramiento frecuente” para agregados de 0,4 a 0,8 mm y la formación sistemática de costras a los menores de 0,4 mm.

Hay que considerar que para ciertos tipos de los “suelos” en los que está realizada la obra, como el caliche o el material incoherente, no encontramos agregados propiamente dichos. Sin embargo, la clasificación tiene la misma interpretación para estos “trozos de partículas” al tratarse

de una propiedad que, en definitiva, está relacionada con el tamaño de la partícula/agregado, aunque en este caso sólo tuviera la interpretación en cuanto a su facilidad para el encostramiento y no sobre la estabilidad de sus agregados, siendo la primera la que más nos interesa por su implicación en los procesos erosivos (aumento de escorrentía, erosión por salpicadura, formación de pedestales...)



Fig. A.9. Tamizado, clasificación y pesado según clases diametrales.

Materia orgánica

La materia orgánica juega un papel fundamental en la dinámica del suelo, presentándose en él en diferentes estados y realizando innumerables funciones, entre las que destacan para este caso:

- a) Condicionar la estructura del suelo a través de la formación de complejos órgano-minerales, lo que influye directamente en la dinámica del agua en el suelo.
- b) Actuar a modo de colchón, atenuando las temperaturas extremas, así como los procesos erosivos del agua. Los suelos con menor contenido en materia orgánica son los más erosionables.
- c) Intervenir en el ciclo de los nutrientes del suelo, incorporando iones a la solución del suelo y también, dado su carácter coloidal, adsorbiendo cationes que quedan retenidos, evitando de esta forma que se laven y se pierdan.

La determinación de la materia orgánica del suelo se evaluó a través del contenido de carbono orgánico con el método de Walkey-Black que aconseja la norma mexicana NOM-REC NAT-2000. Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico por medio de una disolución de dicromato potásico 0,1N y el calor de reacción que se genera al mezclar con ácido sulfúrico concentrado. Después de 30 minutos de espera, la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato potásico residual es titulado con sulfato ferroso amoniacal 1M.

Con este procedimiento se detecta entre un 70-84% del carbono orgánico total, por lo que es necesario introducir un factor de corrección que en México es 1,298.

Se pesaron 0,5 g de suelo tamizado en malla 0,5 mm, repitiendo la prueba con 0,25 g si al titular la muestra se obtenía un valor menor de 4 debido al exceso de materia orgánica. Se añadió un

blanco y un estándar por cada grupo de muestras analizadas a la vez, a fin de mejorar la fiabilidad del análisis.



Fig. A.10. Pesado de muestras, preparación de disoluciones y titulación.

Velocidad de Infiltración

La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo expresándose generalmente en cm/h, y depende de la porosidad, textura, estructura y materia orgánica y condiciona a su vez la escurrentía. Las obras de conservación de suelos pueden influir en la velocidad de infiltración mediante la disgregación de materiales compactados por meteorización o procesos geológica. La velocidad de infiltración se mide con el parámetro K (conductividad hidráulica), basado en la ley de Darcy.

Al no aparecer este parámetro en la norma mexicana, se usó una adaptación del método de la conductividad hidráulica en flujo saturado mediante un mecanismo diseñado por el Fidencio Sustaita Rivera, Doctor en Edafología.

Se empleó un juego de cilindros de plástico, cerrados en el extremo inferior por una malla de alambre y en el superior por una tapa con un orificio por el que entra el flujo de agua. En estos cilindros, se colocó, un filtro de papel, arena de río para que no se perdiera el suelo a través de la malla. Se saturaron las muestras y conectaron los cilindros a una fuente de agua y se dejaron estabilizar, tanto el flujo como la columna de agua. Se tomaron varias medidas del volumen de agua que escurría en distintos intervalos, y fue corregido mediante la expresión siguiente para obtener la equivalencia en velocidad de infiltración y clasificado con los criterios propuestos por el Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU.

$$K \text{ (cm/h)} = \frac{V \cdot L}{t \cdot A \cdot H}$$

Siendo,

V = volumen promedio de agua recolectada (cm³).

L = espesor de la muestra de suelo (cm).

T = tiempo promedio (h).

A = área de la sección transversal (cm²).

H = carga hidráulica (cm).



Fig. A.11. Saturación de muestras, estabilización del flujo y lectura.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La capacidad de retención de humedad del suelo evalúa la variación en el contenido de humedad respecto a la fuerza con que el agua es retenida por las partículas de suelo. Y está asociada a la textura, estructura y materia orgánica. Tiene implicaciones sobre los cultivos, el asentamiento de vegetación nativa o la supervivencia de repoblaciones, etc.

Depende ampliamente de la microestructura del suelo y de la distribución del tamaño de poros, de tal modo que un suelo tendrá tanta mayor capacidad de retención de agua capilar susceptible de ser absorbida por la vegetación a mayor contenido de microporos de un determinado tamaño.

Para obtener la capacidad de retención de humedad se recurrió a la siguiente expresión (Gandullo, 1994), que depende de la textura, estructura y materia orgánica:

$$\text{CRA (mm/ha)} = [12,5 \cdot h_e + 12,5 \cdot (50 - h_e) \cdot K/2] \cdot c \cdot \text{TF} / 100$$

Siendo,

h_e = humedad equivalente de la tierra fina de ese horizonte calculada mediante la expresión,

$$h_e = 4,6 + 0,43 \% \text{arcilla} + 0,25 \% \text{limo} + 1,22 \% \text{MO}$$

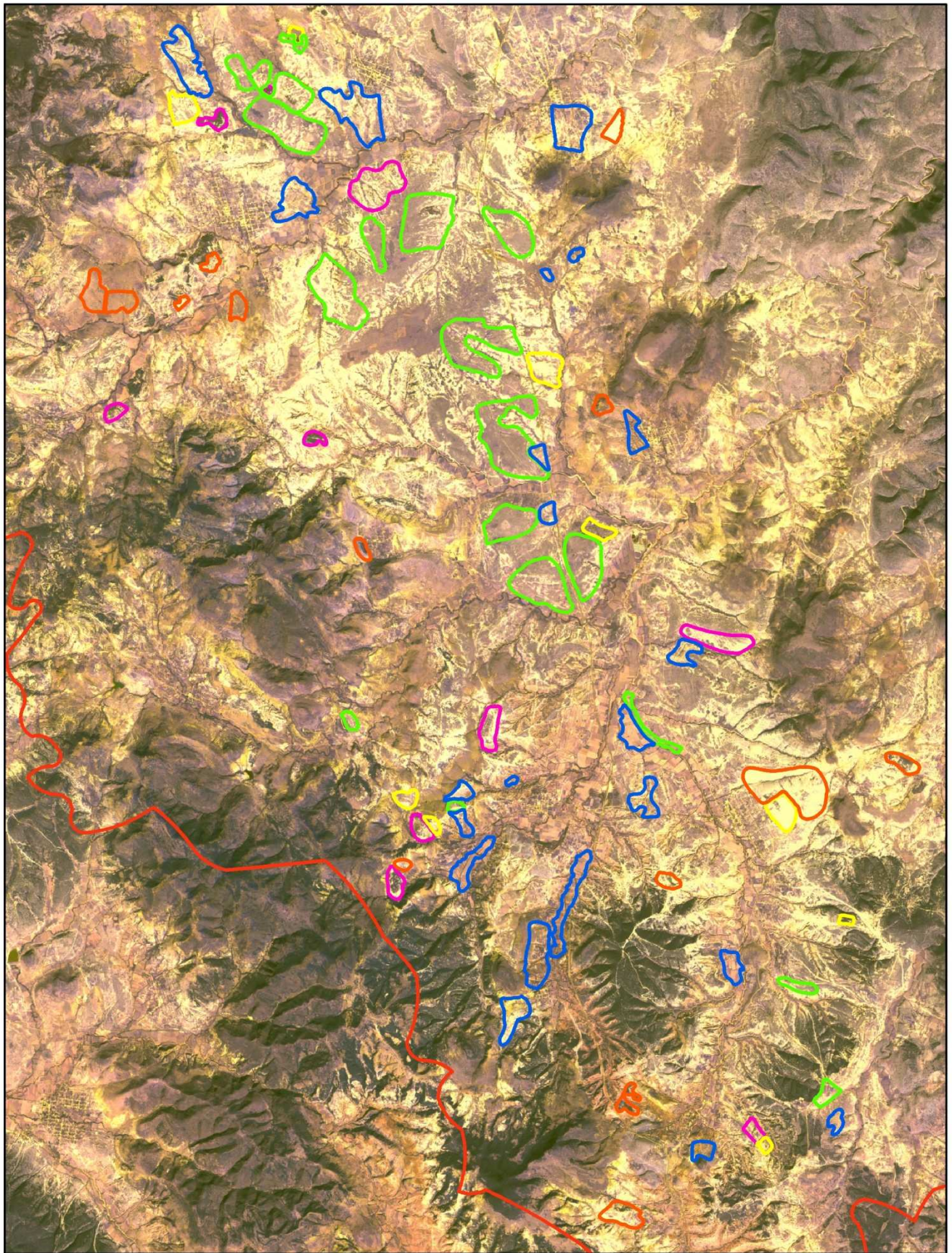
c = complemento a uno de la pendiente en que se encuentra dicho suelo.

TF = % de tierra fina de ese horizonte.

k = coeficiente que depende de la permeabilidad de ese horizonte, de la permeabilidad del horizonte inmediato inferior y de la pendiente del terreno. En este caso $k = 0$ puesto que el horizonte inferior es de igual o mayor permeabilidad que el superior.

E. Localización, relación y extracto de la información de unidades de obra y puntos de muestreo

Localización de unidades de obra estudiadas



Legenda

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| — Distrito de Coixtlahuaca | Uds. Obra con Zanjas Bordo |
| Uds. Obra con Terrazas | Uds. Obra con Tinajas ciegas |
| Uds. Obra con Bordos | Uds. Obra con Roturaciones |

Figura A.12. Localización de las unidades de obra estudiadas en el Distrito de Coixtlahuaca.

Kilómetros
2 1 0 2 4



1:125.000

Localización de puntos de muestreo

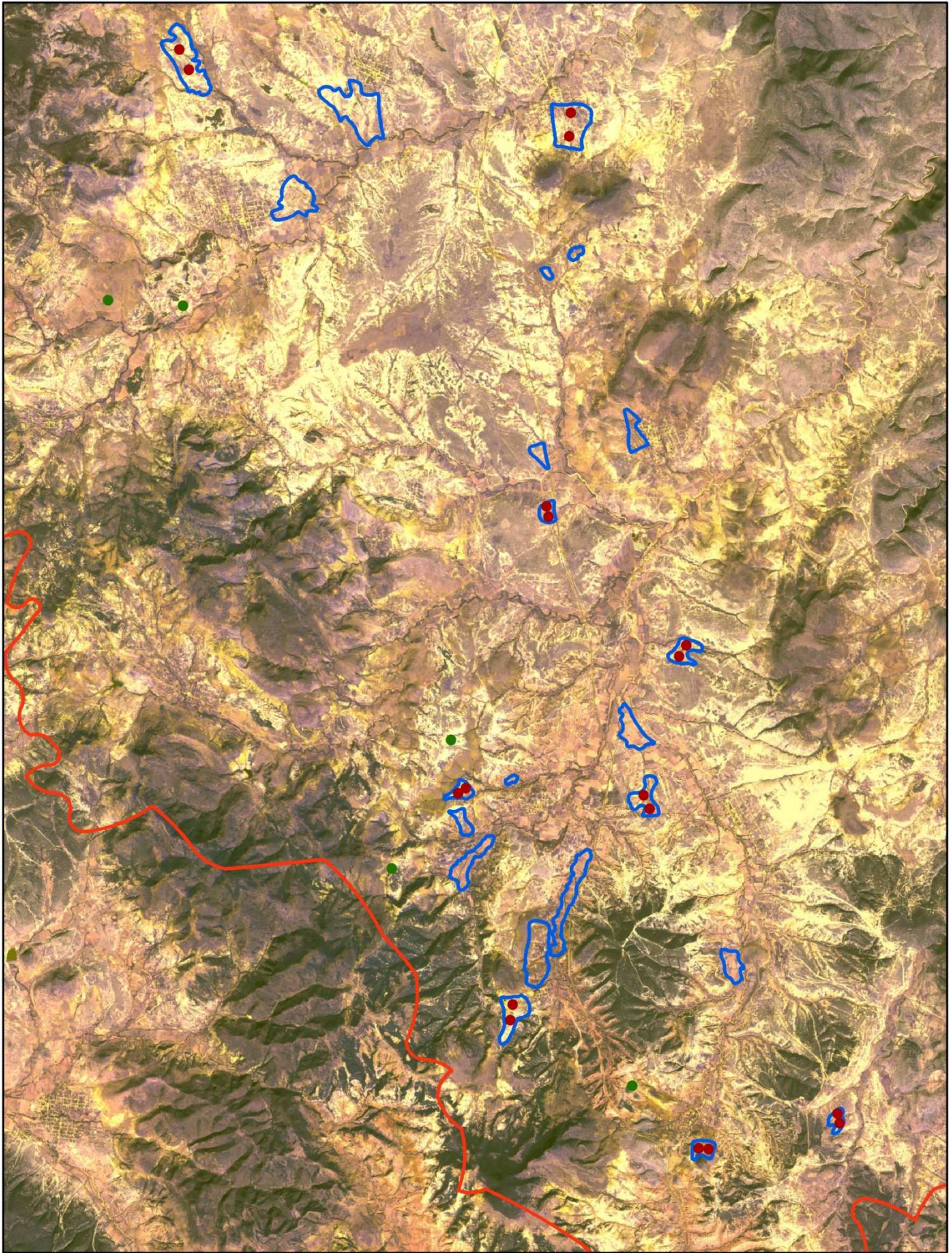
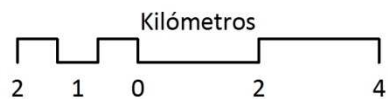


Figura A.13. Localización de los puntos de muestreo en el Distrito de Coixtlahuaca.

Leyenda

- Distrito de Coixtlahuaca
- Pto. de muestreo en ud. de obra
- Uds. Obra con Terrazas
- Pto. de muestreo adicional



1:125.000

Muestra pareada	Suelo	Susceptibilidad al Encostramiento	Textura	Materia Orgánica	Capacidad de Retención de Agua	Velocidad de infiltración
1	Leptosol rendzico (sobre caliche)	Aumenta Moderado/Frecuente DMP 0,90/0,69	Arena: A 67%/72% Limo: A 5%/19% Arcilla: D 29%/9%	Disminuye Moderado/Bajo % 2,00/0,74	Aumenta (mm/m) 178/187	Disminuye Mod. Rápida/Moderada K 9,64/1,68
2	Leptosol rendzico (sobre caliche)	Aumenta Raro/Moderado DMP 1,37/0,89	Arena: D 72%/42% Limo: A 22%/32% Arcilla: A 6%/26%	Disminuye Moderado/Bajo % 1,80/1,25	Aumenta (mm/m) 157/261	Disminuye Mod. Rápida/Moderada K de 10,10/3,49
3	Leptosol rendzico (sobre caliche)	Aumenta Raro/Frecuente DMP 1,41/0,71	Arena: D 70%/46% Limo: A 16%/27% Arcilla: A 14%/27%	Disminuye Moderado/Bajo % 2,10/1,35	Aumenta (mm/m) 185/289	Disminuye Mod. Rápida/Moderada K de 10,27/3,29
4	Leptosol nudolítico	Aumenta Moderado/Frecuente DMP 1,24/0,76	Arena: A 57%/61% Limo: D 25%/18% Arcilla: A 18%/21%	Aumenta Bajo/Bajo % 1,15/1,40	Aumenta (mm/m) 201/250	Aumenta Moderada/Mod. Rápida K 2,36/6,85
5	Leptosol nudolítico	Aumenta Frecuente/Frecuente DMP 0,68/0,61	Arena: A 22%/46% Limo: D 61%/32% Arcilla: A 17%/22%	Aumenta Bajo/Bajo % 0,90/1,30	Aumenta (mm/m) 224/254	Aumenta Mod. Lenta/Mod. Lenta K 0,62/1,10
6	Leptosol nudolítico	Aumenta Moderado/Moderado DMP 1,09/0,89	Arena: D 50%/17% Limo: A 35%/46% Arcilla: A 15%/37%	Aumenta Bajo/Bajo % 0,85/1,00	Aumenta (mm/m) 164/366	Aumenta Lenta/Moderada K de 0,39/3,13
7	Leptosol nudolítico	Se mantiene Frecuente/Frecuente DMP 0,81/0,75	Arena: D 65%/51% Limo: A 20%/25% Arcilla: A 15%/24%	Aumenta Bajo/Bajo % 0,90/1,15	Aumenta (mm/m) 133/265	Aumenta Mod. Lenta/Mod. Rápida K 0,70/5,22
8	Material incoherente	Se mantiene Raro/Raro DMP 1,37/1,42	No procede	Aumenta Bajo/Bajo % 0,65/0,83	Aumenta (mm/m) 6/27	Disminuye Muy Rápida/Rápida K >18/13,61
9	Material incoherente	Se mantiene Raro/Raro DMP 1,40/1,35	No procede	Aumenta Bajo/Bajo % 0,70/0,86	Aumenta (mm/m) 9/30	Disminuye Muy Rápida/Rápida K >18/15,44
Clave	Variación en las características del suelo → [Zona de control/Zona con terrazas]					
		DMP→Diámetro medio ponderado (mm)	A →Aumenta D →Disminuye			K→Conductividad hidráulica (cm/h)

Tabla A.1. Resumen de los datos obtenidos para las parcelas pareadas.

Nota: Sólo han sido incluidas en la tabla las muestras pareadas (en ud. de obra), el resto de muestras fueron empleadas para la caracterización de los suelos en Capítulo 4.

Localización de unidades de obra con terrazas

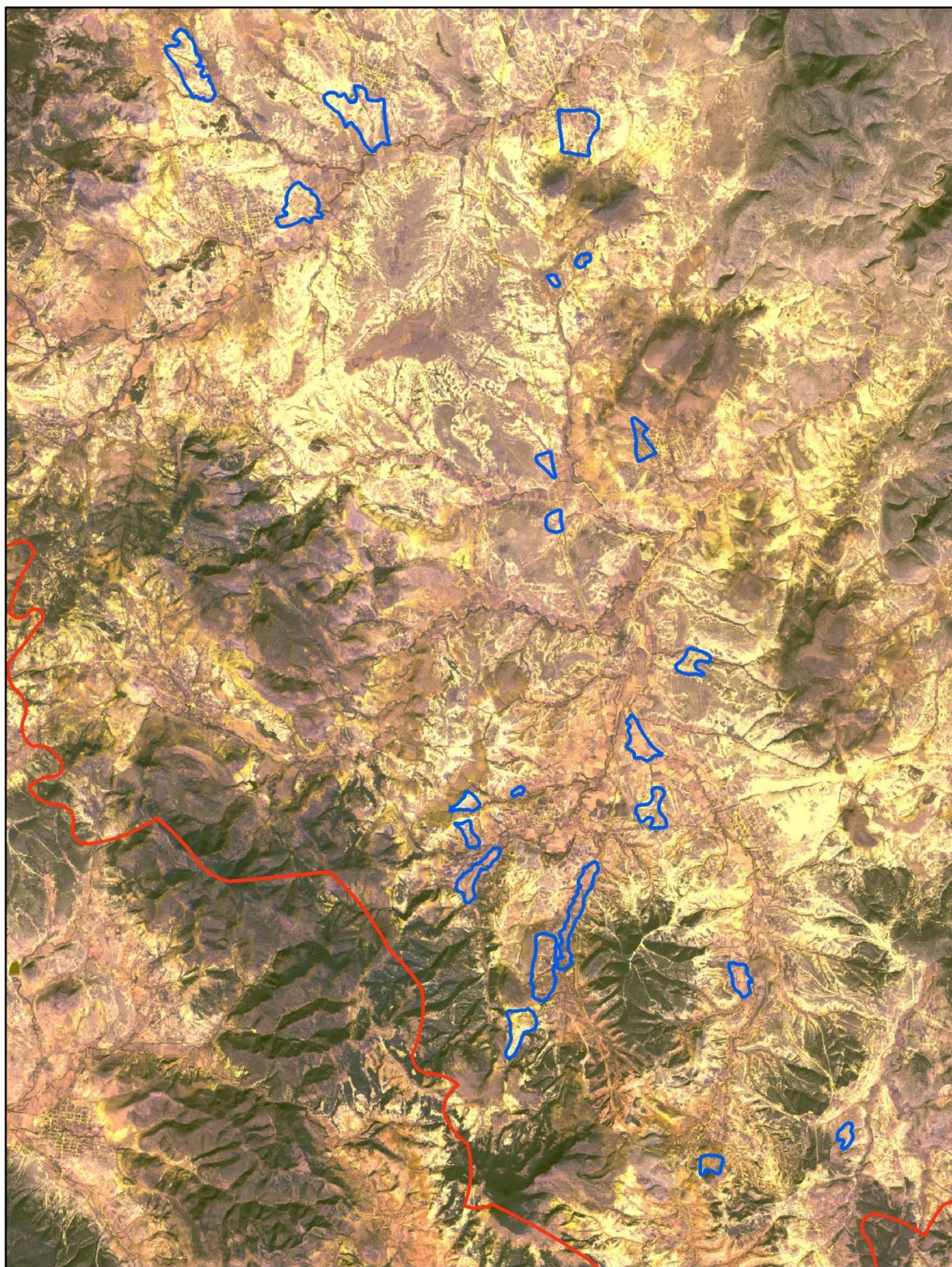


Figura A.14. Localización de las unidades de obra con terrazas en el Distrito de Coixtlahuaca.

Leyenda

- Distrito de Coixtlahuaca
- Uds. Obra con Terrazas



Unidad de Obra: T-1

Tipo de Obra: Terrazas

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 16 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=671477 m E;

Y= 1961101 m N

Altitud: 2140 m.s.n.m.



Unidad de Obra: T-2

Tipo de Obra: Terrazas

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 37 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=671665 m E;

Y=1959478 m N

Altitud: 2090 m.s.n.m.



Unidad de Obra: T-3

Tipo de Obra: Terrazas

Municipio/Agencia: S. J. Bautista

Coixtlahuaca/S. Jerónimo Otlá

Superficie aproximada: 58 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=673510 m E;

Y=1957237 m N

Altitud: 2132 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-4**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio/Agencia: S. J. Bautista

Coixtlahuaca/S. Jerónimo Otlá

Superficie aproximada: 68 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=673241 m E;

Y=1957454 m N

Altitud: 2176 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-5**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: Sta. María Nativitas

Superficie aproximada: 18 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=676939 m E;

Y=1952783 m N

Altitud: 2313 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-6**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio/Agencia: S. J. Bautista

Coixtlahuaca/La Estancia

Superficie aproximada: 13 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=679973 m E;

Y=1953660 m N

Altitud: 2400 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-7**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. J. Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 36 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=675370 m E;

Y=1962438 m N

Altitud: 2039 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-8**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. J. Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 26 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=676463 m E;

Y=1964263 m N

Altitud: 2075 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-9**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: Concepción Buenavista

Superficie aproximada: 104 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=669022 m E;

Y=1976771 m N

Altitud: 2100 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-10**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 15 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=671496 m E;

Y=1960374 m N

Altitud: 2122 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-11**

Tipo de Obra: **Terrazas**

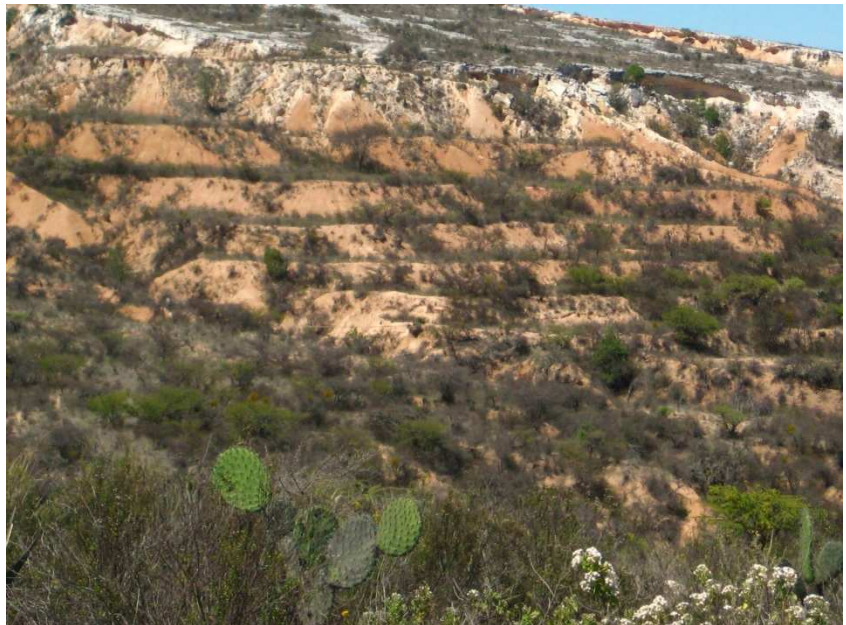
Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 4 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=672554 m E;

Y=1961334 m N

Altitud: 2090 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-12**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio/Agencia: S. Juan Bautista
Coixtlahuaca/S. Jerónimo Otlá

Superficie aproximada: 41 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=672606 m E;

Y=1955872 m N

Altitud: 2290 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-13**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. J. Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 33 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=675607 m E;
Y=1960979 m N

Altitud: 2073 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-14**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: Santiago Ihuatlán Plumas

Superficie aproximada: 59 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=667596 m E;
Y=1974574 m N;

Altitud: 2100 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-15**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: Santiago Ihuatlán Plumas

Superficie aproximada: 81 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=665123 m E;
Y=1977741 m N

Altitud: 2136 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-16**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 28 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=673480 m E;
Y=1967460 m N

Altitud: 2040 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-17**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 25 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=675404 m E;
Y=1969187 m N

Altitud: 2037 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-18**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 11 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=673418 m E;
Y=1972851 m N

Altitud: 2095 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-19**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: Tepelmeme Villa de Morelos

Superficie aproximada: 74 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=673932 m E;

Y=1976166 m N

Altitud: 2090 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **T-20**

Tipo de Obra: **Terrazas**

Municipio: S. Juan Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 25 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=677636 m E;

Y=1957100 m N

Altitud: 2115 m.s.n.m.



Ud. de obra con terrazas	Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a					
	Factores Condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
T-1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Material incoherente ▪ Relieve: pte.: 30%; s.c.: 20 m/2,5 m ▪ Vegetación: Desnudo/Pasto ralo ▪ Uso: Abandonado/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Vegetación	Sin mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura , ni CRA . No encostrable . Sin erosión por salpicadura Mal estado debido a lo inconexo del sustrato	Cambios en M.O. y v. infiltración Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Moderada Cárcavas: Severa/Ninguna Movs masa: Activo moderado/Inactivo Mal estado debido a mal diseño	
T-2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Fluvisol ▪ Relieve: pte.: 1-3%; s.c.: 30m/1m ▪ Vegetación: Cultivos/Cultivos ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Ninguno	Sin mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura , M.O. , CRA y v. infiltración . No encostrable . Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Buen estado debido a escasa pendiente.	Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Leve/Ninguna Regueros: Moderada/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Fluvisol ▪ Relieve: pte.: 2-4%; s.c.: 25m/1m ▪ Vegetación: Cultivos/Cultivos ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Ninguno	Sin mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura , M.O. , CRA y v. infiltración . No encostrable . Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Buen estado debido a escasa pendiente	Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Ninguna Regueros: Leve/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. Nudolítico ▪ Relieve: pte.: 25-30%; s.c.: 10 m/2,5 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Agrícola-Pasto ralo ▪ Uso: Ganadero/Agrícola-Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y vegetación	Sin movs. en masa . Estado regular debido a la estabilidad del caliche, que ha vuelto a compactarse (no al mantenimiento)	Hay mov. relativo y rotura de capa compactación . Cambios en textura , encostramiento , M.O. , CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/Moderada Laminar: Severa/Ninguna Regueros: Moderado/Ninguna Cárcavas: Moderada a Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Material incoherente ▪ Relieve: pte.: 40%; s.c.: 10m/3m ▪ Vegetación: Pasto denso/Desnudo-Nueva repob. ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Actual 	Conservación	Uso y vegetación	Sin mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura , ni CRA . No encostrable . Sin erosión por salpicadura .	Cambios en M.O. y v. infiltración Estado: Activa/Activa Laminar: Severa/Leve Regueros: Moderada/Severa Cárcavas: Moderada/Moderada Movs masa: Activo moderado/Inactivo Mal estado debido mal diseño (rotas)	
T-6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 10-5%; s.c.: 25/2'5m ▪ Vegetación: Pasto denso/Desnudo ▪ Uso: Ganadero/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Vegetación	Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa Buen estado debido a la estabilidad del leptosol rendzico (no hay mantenimiento)	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en textura , encostramiento , M.O. , CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Ninguna Regueros: Severa/Ninguna Cárcavas: Moderado/Ninguna	
T-7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Fluvisol ▪ Relieve: pte.: 4%; s.c.: 20m/1m ▪ Vegetación: Cultivos/Cultivos ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Ninguno	Sin mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura , M.O. , CRA y v. infiltración . No encostrable . Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Buen estado debido a escasa pendiente	Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Leve/Ninguna Regueros: Leve/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)

Ud. de obra con terrazas	Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a					
	Factores Condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
T-8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 8-12%; s.c.: 10-15m/3'5m ▪ Vegetación: Desnudo/Cultivo ▪ Uso: Abandonado/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y vegetación	Sin cambio en textura Sin cárcavas ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en encostramiento, M.O., CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/No aparente Laminar: Severa/Ninguna Regueros: Moderada/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 8-11%; s.c.: 15m/2m ▪ Vegetación: Pastizal ralo/Cultivos ▪ Uso: Ganadero/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y vegetación	Sin cambio en textura Sin cárcavas ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en encostramiento, M.O., CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/Moderada Laminar: Leve/Ninguna Regueros: Severa/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Material incoherente ▪ Relieve: pte.: 30%; s.c.: 35m/5,5m ▪ Vegetación: Desnudo/Desnudo-Nueva Repo ▪ Uso: Abandonado/Abandonado-Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Vegetación	Sin mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura ni CRA . No encostrable . Sin erosión por salpicadura Mal estado debido a lo inconexo del sustrato	Cambios en M.O. y v. infiltración Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Moderada Cárcavas: Severa/Ninguna Movs masa: Activo moderado/Inactivo Mal estado debido a mal diseño	
T-11	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Material incoherente ▪ Relieve: pte.: 20-25%; s.c.: 25m/5m ▪ Vegetación: Desnudo/Pasto denso ▪ Uso: Abandonado/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Vegetación	Sin mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura ni CRA . No encostrable . Sin erosión por salpicadura Mal estado debido a lo inconexo del sustrato	Cambios en M.O. y v. infiltración Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Moderada Cárcavas: Severa/Ninguna Movs masa: Activo moderado/Inactivo	Estado regular debido a la falta de mantenimiento
T-12	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 9-12%; s.c.: 14m/1m ▪ Vegetación: Pasto denso/Cultivo maíz y trigo ▪ Uso: Ganadero/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y vegetación	Sin cárcavas ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en textura, encostramiento, M.O., CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/No aparente Laminar: Leve/Ninguna Regueros: Leve/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-13	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 14-16%; s.c.: 6-7m/1-1'5m ▪ Veget.: Desnudo y pasto ralo/Pasto denso ▪ Uso: Pastizal/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y vegetación	Sin cambios en textura Sin erosión en regueros ni movs en masa . Regular-buen estado debido a la naturaleza del caliche (se vuelve a compactar)	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en encostramiento, M.O., CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna /Moderada Laminar: Moderada/Ninguna Cárcavas: Severo/Ninguno	
T-14	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. Nudolítico ▪ Relieve: pte.: 10-12%; s.c.: 16m/1m ▪ Vegetación: Cultivos/Cultivos ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Panalanan 	Agricultura y Conservación	Ninguno	Sin cárcavas ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en textura, encostramiento, M.O., CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/Leve Laminar: Leve/Ninguna Regueros: Leve/Leve (rotas)	Buen estado debido al uso (mantenimiento) Mal estado debido al abandono

Ud. de obra con terrazas	Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a					
	Factores Condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
T-15	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico-L. Rendzico ▪ Relieve: pte.: 12-16%; s.c.: 25m/0'7m ▪ Vegetación: Cultivo/Cultivo ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 			Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en textura , encostramiento , M.O. , CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/No aparente Laminar: Moderada/Leve (mala nivelación al cultivar) Regueros: Leve/Ninguna Cárcavas: Moderada/Ninguna	Estado regular debido al uso (mal mantenimiento)
T-16	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 20%; s.c.: 10m/1'5m ▪ Vegetación: Pasto denso/Cultivo trigo ▪ Uso: Ganadero/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y vegetación	Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en textura , encostramiento , M.O. , CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Leve (mala nivelación al cultivar) Regueros: Moderada/Ninguna Cárcavas: Moderada/Ninguna	Estado regular debido al uso (mal mantenimiento)
T-17	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 8-15%; s.c.: 12m/1m ▪ Vegetación: Cultivos/Cultivos ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Ninguno	Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en textura , encostramiento , M.O. , CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Ninguna Regueros: Severa/Ninguna Cárcavas: Leve/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-18	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico-L. rendzico ▪ Relieve: pte.: 5-6%; s.c.: 10m/0'5m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Cultivo ▪ Uso: Ganadero/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y vegetación	Sin cambios en textura Sin cárcavas ni movs. en masa	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en encostramiento , M.O. , CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/Moderada Laminar: Moderada/Ninguna Regueros: Moderada/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-19	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 10-13%; s.c.: 25m/2,5m ▪ Vegetación: Cultivos/Cultivos ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Ninguno	Sin cambios en textura Sin movs. en masa Estado regular debido a la naturaleza del caliche (se vuelve a compactar)	Hay mov. relativo y rotura de capa compacta . Cambios en encostramiento , M.O. , CRA y v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Salpicadura: Ninguna/Moderada Laminar: Ninguna/Ninguna Regueros: Moderada/Ninguna Cárcavas: Severo/Ninguno	Buen estado debido al uso (mantenimiento)
T-20	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Fluvisol ▪ Relieve: pte.: 2%; s.c.: 30m/1m ▪ Vegetación: Cultivos/Cultivos ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Ninguno	No hay mov. relativo ni capa compacta . Sin cambios en textura , M.O. , CRA y v. infiltración . No encostrable . Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Buen estado debido a estabilidad condiciones	Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Leve/Ninguna Regueros: Leve/Ninguna	Buen estado debido al uso (mantenimiento)

Tabla A.2. Información relativa a los procesos erosivos en unidades de obra con terrazas.



Variación en las características del suelo

Variación en los procesos erosivos → [Zona de control/Zona con obra]

Estado de la obra

pte.: pendiente; **s.c.:** separación entre caballones/desnivel

Localización de unidades de obra con bordos

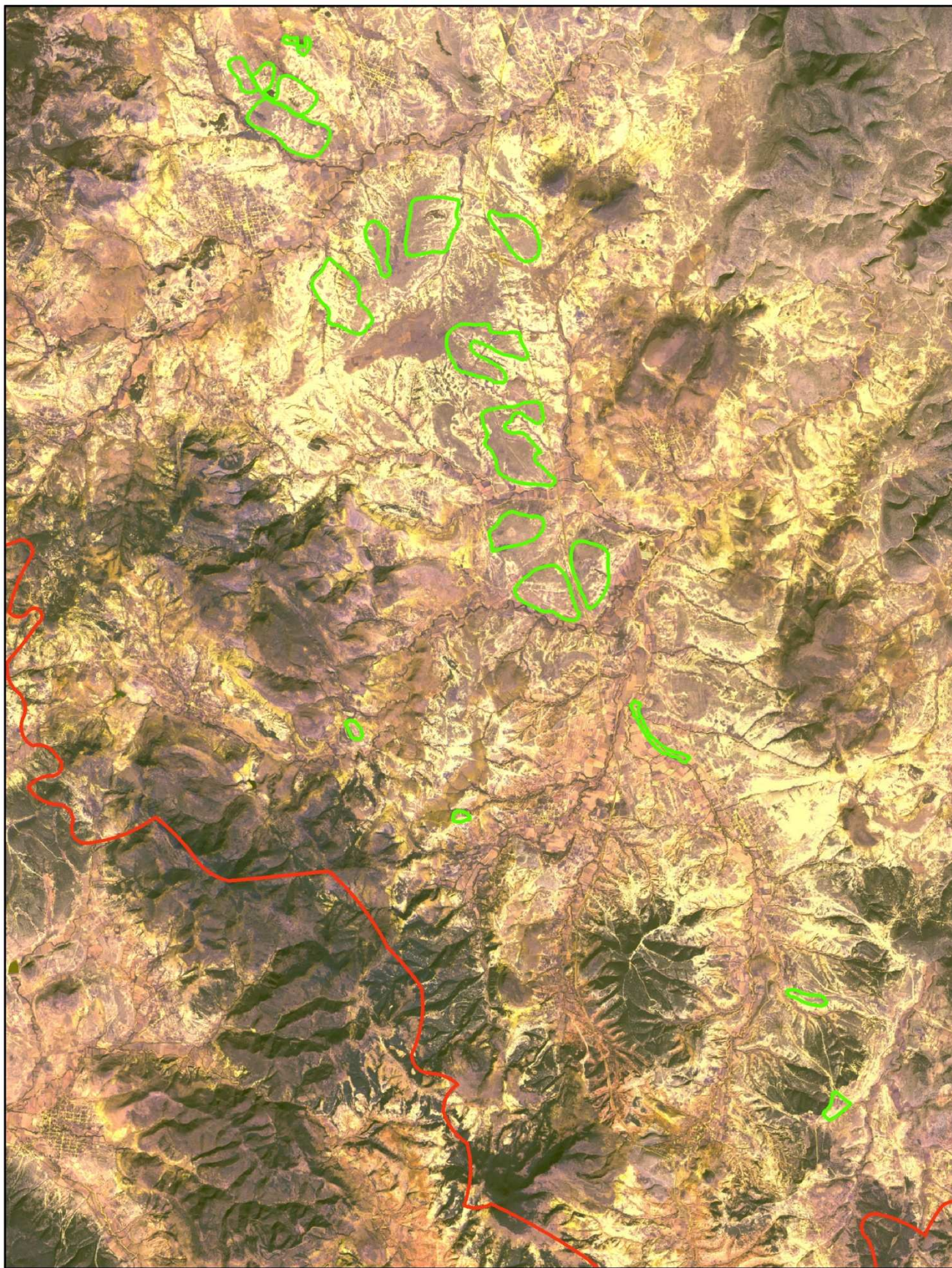


Figura A.15. Localización de las unidades de obra con bordos en el Distrito de Coixtlahuaca.

Leyenda

— Distrito de Coixtlahuaca

□ Uds. Obra con Bordos

Kilómetros
2 1 0 2 4

N
1:125.000

Unidad de Obra: **B-1**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 7 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=671258 m E;
Y=1960729 m N

Altitud: 2160 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-2**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Santiago Ihuitlán Plumas

Superficie aproximada: 40 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=669384 m E;
Y=1973974 m N

Altitud: 2164 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-3**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Santiago Ihuitlán Plumas

Superficie aproximada: 129 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=670695 m E;
Y=1974145 m N

Altitud: 2145 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-4**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 110 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=673311 m E;
Y=1965941 m N

Altitud: 2080 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-5**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio/Agencia: S. Juan Bautista
Coixtlahuaca/La Estancia

Superficie aproximada: 19 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=679748 m E;
Y=1954243 m N

Altitud: 2383 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-6**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. J. Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 16 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=679153 m E;
Y=1956707 m N

Altitud: 2236 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-7**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Santiago Ihuitlán Plumas

Superficie aproximada: 26 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=666287 m E;

Y=1977476 m N

Altitud: 2128 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-8**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Concepción Buenavista

Superficie aproximada: 6 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=667783 m E;

Y=1978174 m N

Altitud: 2145 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-9**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 94 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=674222 m E;

Y=1966374 m N

Altitud: 2080 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-10**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 170 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=672434 m E;
Y=1969238 m N

Altitud: 2091 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-11**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Concepción Buenavista

Superficie aproximada: 4 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=667660 m E;
Y=2130 m N

Altitud: 2131 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-12**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Santiago Ihuatlán Plumas

Superficie aproximada: 77 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=667489 m E;
Y=1977081 m N

Altitud: 2126 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-13**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Miguel Tulancingo

Superficie aproximada: 10 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=668924 m E;

Y=1962662 m N

Altitud: 2145 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-14**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Tepelmeme Villa de Morelos

Superficie aproximada: 74 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=672616 m E;

Y=1973956 m N

Altitud: 2186 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-15**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Juan Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 22 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=675831 m E;

Y=1962346 m N

Altitud: 2055 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-16**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Santiago Ihuatlán Plumas

Superficie aproximada: 127 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=668519 m E;
Y=1972632 m N

Altitud: 2135 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-17**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: Santiago Ihuatlán Plumas

Superficie aproximada: 129 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=667399 m E;
Y=1976345 m N

Altitud: 2115 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-18**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 72 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=672482 m E;
Y=1967229 m N

Altitud: 2127 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **B-19**

Tipo de Obra: **Bordos**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 137 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=671534 m E;

Y=1971458 m N

Altitud: 2155 m.s.n.m.






Ud. de obra con bordos	Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a					
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
B-1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 5 cm ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 12 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Pasto denso ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	No encostrable Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve	Buen estado debido a las plantaciones en los bordos
B-2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 15 cm ▪ Relieve: pte.: 10%; l.e.: 15 m ▪ Vegetación: Cultivos/Pasto denso ▪ Uso: Agrícola/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y Vegetación	No encostrable Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Moderada/Leve Regueros: Moderada/Severa (mal nivelados) Cárcavas: Leve/Leve Mal estado debido a la nivelación	Mal estado debido a la falta de mantenimiento
B-3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 15 cm ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 16 m ▪ Vegetación: Cultivos/Pasto denso ▪ Uso: Agrícola/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y Vegetación	No encostrable Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Moderada/Severa (mal nivelados) Cárcavas: Leve/Leve Mal estado debido a la nivelación	Mal estado debido a la falta de mantenimiento
B-4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico-L. rendzico ▪ Relieve: pte.: 12%; l.e.: 15 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Pasto ralo ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	Sin erosión por salpicadura, cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Leve	Mal estado debido a la falta de mantenimiento
B-5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 25 cm ▪ Relieve: pte.: 7%; l.e.: 15 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Cultivo de trigo ▪ Uso: Ganadero/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y Vegetación	No encostrable Sin erosión por salpicadura, cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Ninguna	Buen estado debido al uso
B-6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. Nudolítico ▪ Relieve: pte.: 10-20%; l.e.: 10-20 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Cultivos ▪ Uso: Ganadero/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y Vegetación	Sin erosión por salpicadura, cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Ninguna-No aparente	Buen estado debido al uso

Ud. de obra con bordos				Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a		
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
B-7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 12 m ▪ Vegetación: Pasto denso (P. ralo sobre caliche)/Idem ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	No encostrable Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve	Mal estado debido a la falta de mantenimiento
B-8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 10 cm ▪ Relieve: pte.: 2%, l.e.: 30 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Cultivos ▪ Uso: Ganadero/Agrícola ▪ Fecha: Actual 	Agricultura y Conservación	Uso y Vegetación	No encostrable Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Leve-No ap Regueros: Leve/Ninguna	Buen estado debido al uso
B-9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico-L. rendzico ▪ Relieve: pte.: 15-20%; l.e.: 10-15 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Pasto ralo ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Leve	Estado regular debido a la falta de mantenimiento
B-10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico-L. rendzico ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 20 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Pasto ralo ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Leve Cárcavas: Moderada/Moderada	Estado regular debido a la falta de mantenimiento
B-11	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 5%; l.e.: 20 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Cultivo de trigo ▪ Uso: Abandonado/Agrícola ▪ Fecha: Papaloapan 	Agricultura y Conservación	Uso y Vegetación	No encostrable Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Leve-No aparente Regueros: Leve/Ninguna	Buen estado debido al uso
B-12	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 10 cm ▪ Relieve: pte.: 5-7%; l.e.: 30 m ▪ Vegetación: Cultivo de trigo/Cultivo de trigo ▪ Uso: Agrícola/Agrícola ▪ Fecha: Actual 	Agricultura y Conservación	Ninguno	No encostrable Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Leve Regueros: Leve/Ninguna-No ap	Buen estado debido al uso
B-13	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 5 cm ▪ Relieve: pte.: 20%; l.e.: 15 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Pasto denso ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	No encostrable Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Leve Regueros: Leve/Ninguna	Buen estado debido a las plantaciones en los bordos

Ud. de obra con bordos	Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a					
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
B-14	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 1-5 cm ▪ Relieve: pte.: 15-20%; l.e.: 10 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Pasto denso ▪ Uso: Ganadero/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso	No encostrable Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Ninguna Cárcavas: Moderada/Moderada	Buen estado debido a las plantaciones en los bordos
B-15	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Fluvisol ▪ Relieve: pte.: 8-12%; l.e.: 12 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/P. ralo, nopales, magueyes y arbustos espinosos ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	Sin mov. relativo del suelo ni capa compacta . No encostrable. Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada. Regueros: Leve/Ninguna	Estado regular debido a la falta de mantenimiento Laminar: Severa/Moderada (por introducción de ganado)
B-16	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico, prof.: 15 cm ▪ Relieve: pte.: 10-20%; l.e.: 10-20 m ▪ Vegetación: Cultivos/Pasto denso ▪ Uso: Agrícola/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y Vegetación	No encostrable Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Moderada/Severa (mal nivelados) Cárcavas: Leve/Leve Mal estado debido a la nivelación	Mal estado debido a la falta de mantenimiento
B-17	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 10%; l.e.: 15 m ▪ Vegetación: Pasto denso (P. ralo sobre caliche)/Idem ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	No encostrable Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento, M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Moderada/Leve Regueros: Leve/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve	Mal estado debido a la falta de mantenimiento
B-18	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico-L. rendzico ▪ Relieve: pte.: 25%; l.e.: 10 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Pasto ralo ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento, M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Leve	Mal estado debido a la falta de mantenimiento
B-19	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico-L. rendzico ▪ Relieve: pte.: 20%; l.e.: 22 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Pasto ralo ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Sin rotura de capa compacta ni mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura , susceptibilidad al encostramiento, M.O. , v. infiltración ni CRA Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Leve Cárcavas: Moderada/Moderada	Estado regular debido a la falta de mantenimiento

Tabla A.3. Información relativa a los procesos erosivos en unidades de obra con bordos.

-  Variación en las características del suelo
 -  Variación en los procesos erosivos → [Zona de control/Zona con obra]
 -  Estado de la obra
- prof.:** produndidad; **pte.:** pendiente; **l.e.:** longitud de escorrentía

Localización de unidades de obra con zanjas bordo

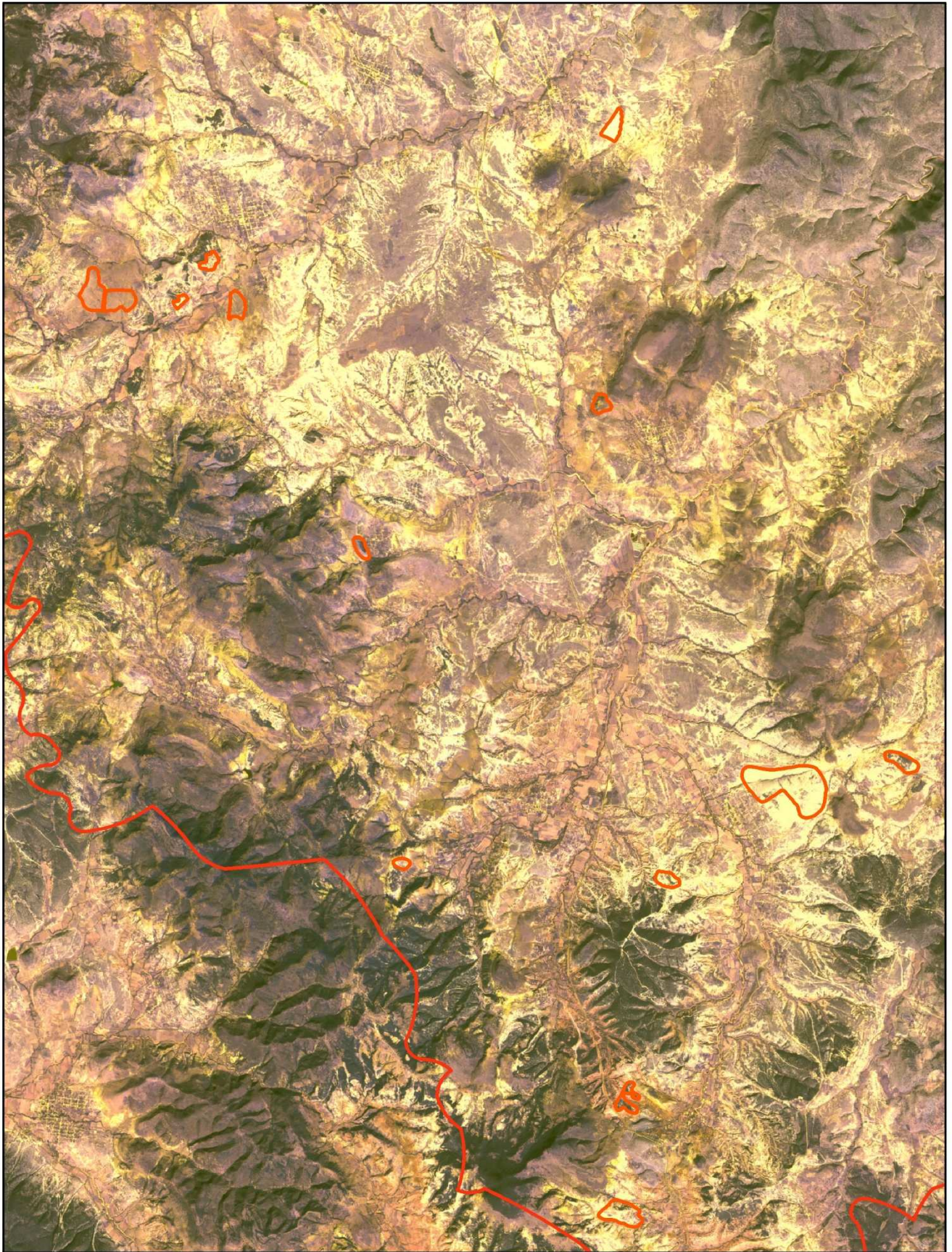
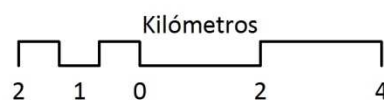


Figura A.16. Localización de las unidades de obra con zanjas bordo en el Distrito de Coixtlahuaca.

Leyenda

- Distrito de Coixtlahuaca
- Uds. Obra con Zanjas Bordo



Unidad de Obra: **Z-1**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 7 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=669930 m E;
Y=1959633 m N

Altitud: 2245 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **Z-2**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio: Sta. María Nativitas

Superficie aproximada: 17 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=675182 m E;
Y=1953965 m N

Altitud: 2311 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **Z-3**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio: Tlacotepec Plumas

Superficie aproximada: 35 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=665587 m E;
Y=1973089 m N

Altitud: 2148 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **Z-4**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio: S. J. Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 130 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=678707 m E;

Y=1961348 m N

Altitud: 2185 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **Z-5**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio/Agencia: S. J. Bautista Coixtlahuaca/Rio Blanco

Superficie aproximada: 21 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=681176 m E;

Y=1962143 m N

Altitud: 2260 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **Z-6**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio: Sta. María Nativitas

Superficie aproximada: 38 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=674995 m E;

Y=1951531 m N

Altitud: 2363 m.s.n.m.





Unidad de Obra: **Z-10**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio: S. Juan Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 15 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=676206 m E;

Y=1959047 m N

Altitud: 2255 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **Z-11**

Tipo de Obra: **Zanjas bordo**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 13 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=674590 m E;

Y=1969818 m N

Altitud: 2154 m.s.n.m.



Ud. de obra con zanjas bordo					Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a		
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Colma- tación (%)	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
Z-1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 30-40%; l.e.: 8 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Repob. cedro (fracaso) ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación y Uso	100%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Rotura local de capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Activa Regueros: Moderada/Leve Cárcavas: Moderada/Moderada	Laminar: Severa/Severa Colmatada al 100% por fracaso de la repoblación
Z-2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 25%; l.e.: 18 m ▪ Vegetación: Desnudo/Repob. de pino y cedro ▪ Uso: Abandonado/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación y Uso	80%	Sin mov. relativo del suelo ni encostramiento Sin erosión por salpicadura ni en regueros	Rotura local de capa compacta. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración. Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Cárcavas: Severa/Severa Movs masa: Activo moderado/Activo moderado Buen estado (aún sin colmatar)	
Z-3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 10-15%; l.e.: 30 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Pasto ralo ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Actual 	Conservación	Ninguno	30%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura, regueros, cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Estado regular (colmatación acelerada)	
Z-4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 28 m ▪ Vegetación: Desnudo/Desnudo ▪ Uso: Abandonado/Abandonado ▪ Fecha: Actual 	Conservación	Ninguno	30%	Sin mov. relativo del suelo. Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura, regueros, cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de capa compacta. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Estado regular (colmatación acelerada)	
Z-5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 5%; l.e.: 30 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Repob. pino y casuarina ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Actual 	Conservación	Vegetación y Uso	45%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Rotura local de capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve Estado regular (colmatación acelerada)	
Z-6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 40-45%; l.e.: 10 m ▪ Vegetación: Desnudo/Desnudo-Repob. de pino fracasada en zonas ▪ Uso: Abandonado/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación y Uso	100%/80%	Sin mov. relativo del suelo ni encostramiento Sin erosión por salpicadura, cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de capa compacta. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Activa Regueros: Severa/Leve	Laminar: Severa/Severa Colmatada al 100% donde ha fracasado la repoblación

Ud.de obra con zanjas bordo					Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a		
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Colma- tación (%)	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
Z-7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol lítico ▪ Relieve: pte.: 15-20%; l.e.: 22-25 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Pasto denso ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan/Actual 	Conservación	Ninguno	95%	Sin capa compacta . No encostrable Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O. , CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Moderado/Ninguno	Estado regular debido al pastoreo
Z-8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 40-45%; l.e.: 6 m ▪ Vegetación: Desnudo/P. ralo-Repob. fracasada ▪ Uso: Abandonado/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	100%	Sin mov. relativo del suelo. Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura , regueros , cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de capa compacta . Sin cambios en textura, M.O. , CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Activa	Laminar: Severa/Severa Colmatada al 100% por fracaso de la replantación
Z-9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol lítico ▪ Relieve: pte.:35%; l.e.: 8 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Repob. parte fracasada. ▪ Uso: Ganadero/Forestal-Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación y Uso	100%	Sin capa compacta . No encostrable Sin erosión por salpicadura , regueros , cárcavas ni movs. en masa	Mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O. , CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Activa	Laminar: Severa/Severa Colmatada al 100% por fracaso de la replantación
Z-10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. Nudolítico ▪ Relieve: pte.:30%; l.e.: 15 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Repob. cedro y casuarina ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	85%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O. , CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Moderado/Ninguno Buen estado (aún sin colmatar)	
Z-11	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol lítico ▪ Relieve: pte.: 5-10%; l.e.: 35 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Pasto denso ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	90%	Sin capa compacta . No encostrable Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O. , CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Ninguno Buen estado (aún sin colmatar)	

Tabla A.4. Información relativa a los procesos erosivos en unidades de obra con zanjas bordo.



Variación en las características del suelo

Variación en los procesos erosivos → [Zona de control/Zona con obra]

Estado de la obra

pte.: pendiente; **l.e.:** longitud de escorrentía

Localización de unidades de obra con tinas ciegas

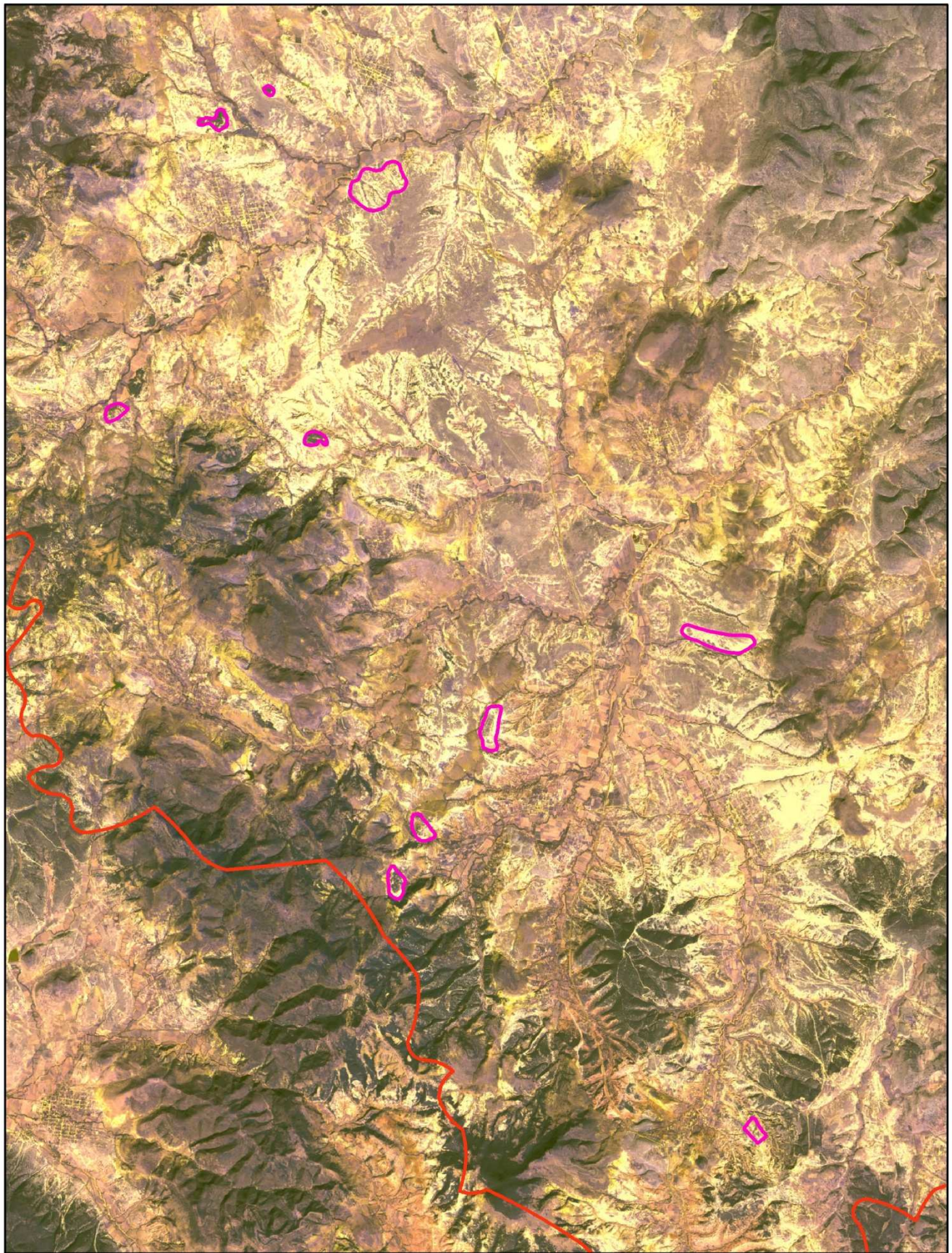
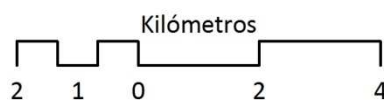


Figura A.17. Localización de las unidades de obra con tinas ciegas en el Distrito de Coixtlahuaca.

Leyenda

- Distrito de Coixtlahuaca
- Uds. Obra con Tinas ciegas



Unidad de Obra: **C-1**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 21 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=670615 m E;
Y=1960394 m N

Altitud: 2200 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-2**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 21 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=669918 m E;
Y=1959036 m N

Altitud: 2236 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-3**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: Sta. María Nativitas

Superficie aproximada: 14 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=678117 m E;
Y=1953383 m N

Altitud: 2275 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-4**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: Santiago Ihuitlán Plumas

Superficie aproximada: 91 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=669483 m E;

Y=1974901 m N

Altitud: 2120 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-5**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: Sta. Magdalena Jicotlán

Superficie aproximada: 14 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=663424 m E;

Y=1969791 m N

Altitud: 2210 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-6**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: Santiago Ihuitlán Plumas

Superficie aproximada: 15 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=665838 m E;

Y=1976431 m N

Altitud: 2133 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-7**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: Santiago Ihuitlán Plumas

Superficie aproximada: 4 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=667003 m E;

Y=1977134 m N

Altitud: 2130 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-8**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: S. Juan Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 54 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=6771029 m E;

Y=1964676 m N

Altitud: 2113 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-9**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 33 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=672122 m E;

Y=1962457 m N

Altitud: 2160 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **C-10**

Tipo de Obra: **Tinas ciegas**

Municipio: San Mateo Tlapiltepec

Superficie aproximada: 12 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=668020 m E;

Y=1969156 m N

Altitud: 2180 m.s.n.m.



Ud. de obra con tinas ciegas					Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a		
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Colma- tación (%)	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
C-1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 30%; l.e.: 8-9 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Repob. de pino y casuarina ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y vegetación	75%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Ninguna Buen estado (sin colmatar)	
C-2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 16 m ▪ Vegetación: Pasto ralo-Desnudo/Repob. de pino ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y vegetación	70%	Sin mov. relativo del suelo ni encostramiento Sin erosión por salpicadura , regueros ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Parcialmente estabilizado Laminar: Severa/Leve Cárcavas: Moderado/Moderado Buen estado (sin colmatar)	
C-3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 20%; l.e.: 12 m ▪ Vegetación: Desnudo/Repob. de pino ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	65%	Sin mov. relativo del suelo ni encostramiento Sin erosión por salpicadura , regueros ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Leve Cárcavas: Leve/Leve Buen estado (sin colmatar)	
C-4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 20%; l.e.: 10 m ▪ Vegetación: Desnudo/Repob. de cedro blanco (fracaso) ▪ Uso: Abandonado/Forestal-Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	100%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Activa Regueros: Moderada/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve	Colmatada 100% por fracaso de la repoblación Laminar: Severa/Severa
C-5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 10%; l.e.: 20 m ▪ Vegetación: Desnudo-Pasto ralo/Repob. de cedro ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	85%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Leve/Ninguna Buen estado (sin colmatar)	
C-6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 18 m ▪ Vegetación: Desnudo-Pasto ralo/Repob. de Pinos ▪ Uso: Abandonado/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y vegetación	90%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Leve Buen estado (sin colmatar)	

Ud. de obra con tinas ciegas					Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a		
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Colmatación (%)	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
C-7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico-L. nudolítico ▪ Relieve: pte.: 10%, l.e.: 20 m ▪ Vegetación: Cultivos/Repob. de pino y cedro ▪ Uso: Agrícola/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y vegetación	80%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Severa/Ninguna Buen estado (sin colmatar)	
C-8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 15-25%; l.e.: 10-15 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Repob. casuarina (fracaso) ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Ninguno	100%	Sin mov. relativo del suelo ni encostramiento Sin erosión por salpicadura , regueros, cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Activa	Colmatada 100% por fracaso de la repoblación Laminar: Severa/Severa
C-9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 15%; l.e.: 16 m ▪ Vegetación: Pasto ralo-Desnudo/Repob. fracasada ▪ Uso: Ganadero/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso	100%	Sin mov. relativo del suelo ni encostramiento Sin erosión por salpicadura ni en regueros	Rotura local de la capa compacta. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Activa Cárcavas: Moderado/Moderado Movs masa: Activo moderado/Act. moderado.	Colmatada 100% por fracaso de la repoblación Laminar: Severa/Severa
C-10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 40-45%, l.e.: 5-6 m ▪ Vegetación: Pasto denso-Pasto ralo/Repob. de pino ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y vegetación	95%	Sin encostramiento Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa	Rotura local de la capa compacta y mov. relativo del suelo. Sin cambios en textura, M.O., CRA ni v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Leve Regueros: Moderada/Ninguna Buen estado (sin colmatar)	

Tabla A.5. Información relativa a los procesos erosivos en unidades de obra con tinas ciegas.

- Variación en las características del suelo
 - Variación en los procesos erosivos → [Zona de control/Zona con obra]
 - Estado de la obra
- pte.:** pendiente; **l.e.:** longitud de escorrentía

Localización de unidades de obra con roturaciones

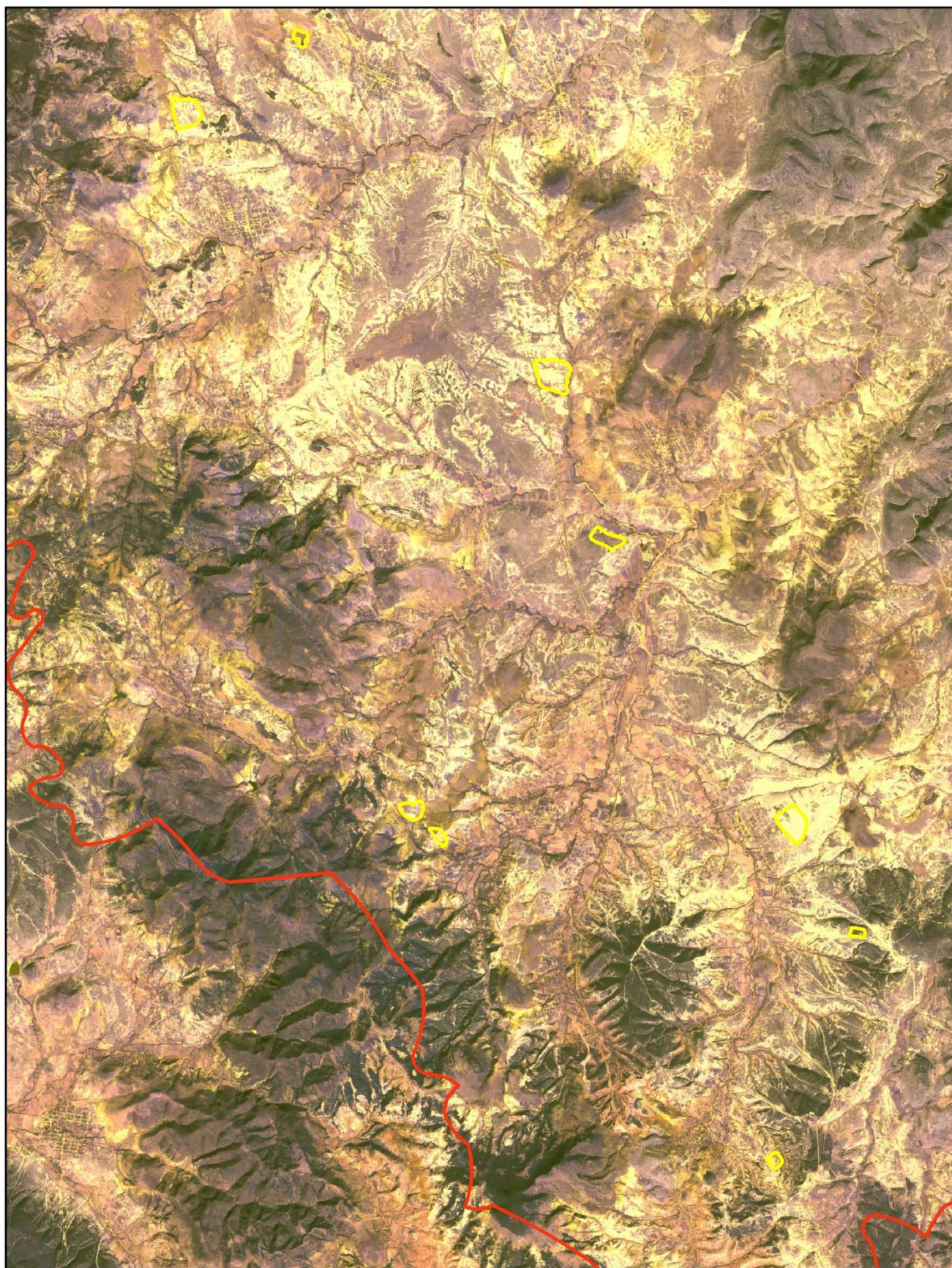


Figura A.18. Localización de las unidades de obra con roturación en el Distrito de Coixtlahuaca.

Leyenda

- Distrito de Coixtlahuaca
- Uds. Obra con Roturaciones



Unidad de Obra: **R-1**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio/Agencia: S. C. Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 16 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=670195 m E;

Y=1960694 m N

Altitud: 2240 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-2**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: Sta. María Nativitas

Superficie aproximada: 7 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=678381 m E;

Y=19539019 m N

Altitud: 2280 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-3**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: Concepción Buenavista

Superficie aproximada: 8 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=667684 m E;

Y=1978357 m N

Altitud: 2140 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-4**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: S. Juan Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 37 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=678931 m E;

Y=1960708 m N

Altitud: 2243 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-5**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: S. Cristóbal Suchixtlahuaca

Superficie aproximada: 8 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=670712 m E;

Y=1960373 m N

Altitud: 2200 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-6**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 20 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=674455 m E;

Y=1967093 m N

Altitud: 2035 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-7**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: S. Juan Bautista Coixtlahuaca

Superficie aproximada: 6 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=680258 m E;

Y=1958166 m N

Altitud: 2290 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-8**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: Santiago Ihuatlán Plumas

Superficie aproximada: 36 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=665062 m E;

Y=1976724 m N

Altitud: 2160 m.s.n.m.



Unidad de Obra: **R-9**

Tipo de Obra: **Roturación**

Municipio: S. Miguel Tequixtepec

Superficie aproximada: 46 ha.

Coord. UTM: 14Q, X=673298 m E;

Y=1970813 m N




Altitud: 2017 m.s.n.m.



Ud. de obra con roturaciones	Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a					
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
R-1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Letptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 20%; l.e.: 2 m ▪ Vegetación: Desnudo/Desnudo-Nueva repob. ▪ Uso: Abandonado/Abandonado ▪ Fecha: Actual 	Conservación	Ninguno	Sin erosión laminar , por salpicadura , regueros ni movs. en masa Mal estado (difícil naturalización)	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura , encostramiento , M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración . Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Cárcava: Leve/Leve Mal estado (difícil naturalización)	
R-2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 20%; l.e.: 0 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Desnudo ▪ Uso: Ganadero/Abandonado ▪ Fecha: Actual 	Conservación	Uso y Vegetación	Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Mal estado (difícil naturalización)	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura , encostramiento , M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración . Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severo/Ninguna Regueros: Moderado/Leve Mal estado (difícil naturalización)	
R-3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptol rendzico (15 cm) ▪ Relieve: pte.: 3%; l.e.: 0 m ▪ Vegetación: Pastos/Repob. pino y cedro. ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y Vegetación	Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Muy buen estado	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura , encostramiento , M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración . Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Leve/Ninguna Regueros: Leve/Ninguna Muy buen estado	
R-4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 15-20 %; l.e.: 0 m ▪ Vegetación: Desnudo/Desnudo-Nueva repob. ▪ Uso: Abandonado/Abandonado ▪ Fecha: Actual 	Conservación	Ninguno	Sin erosión laminar , por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Mal estado (difícil naturalización)	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura , encostramiento , M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Regueros: Moderado/Leve Mal estado (difícil naturalización)	
R-5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 10 % ; l.e.: 0 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Matorral y Repob. de pino ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y Vegetación	Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Muy buen estado	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura , encostramiento , M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Ninguna Regueros: Severa/Ninguna Muy buen estado	
R-6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 35%; l.e.: 4 m ▪ Vegetación: Pasto denso/Repob. pino, cedro, eucalip. ▪ Uso: Ganadero/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y Vegetación	Sin erosión por salpicadura , cárcavas ni movs. en masa Muy buen estado	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura , encostramiento , M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración Estado: Activo/Estabilizada Laminar: Severa/Ninguna Regueros: Moderada/Leve Muy buen estado	

Ud. de obra con roturaciones	Cambios o no cambios en la erosión y propiedades del suelo debidos a					
	Factores condicionantes	Objetivo	Cambio en factores condicionantes	Condiciones naturales	Características de la obra	Efectos posteriores
R-7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 15-20%; l.e.: 4 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Repob. pino ▪ Uso: Agrícola/Forestal ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Uso y Vegetación	Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa Buen estado	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura, encostramiento, M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración Estado: Activa/Parcialmente estabilizada Laminar: Severa/Ninguna Regueros: Moderada/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve Buen estado	
R-8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol rendzico ▪ Relieve: pte.: 25%; l.e.: 2 m ▪ Vegetación: Pasto ralo/Pasto-matorral ▪ Uso: Ganadero/Ganadero ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	Sin erosión por salpicadura , ni movs. en masa Buen estado	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura, encostramiento, M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Moderada/Ninguna Regueros: Leve/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve Buen estado	
R-9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima ▪ Suelo: Leptosol nudolítico ▪ Relieve: pte.: 5-10%, l.e.: 3 m ▪ Vegetación: Desnudo/Pasto ralo-Matorral ▪ Uso: Abandonado/Abandonado ▪ Fecha: Papaloapan 	Conservación	Vegetación	Sin erosión por salpicadura ni movs. en masa Buen estado	Rotura parcial/total de la capa compacta. Sin movimiento relativo Sin cambios en textura, encostramiento, M.O. ni CRA . Aumento de v. infiltración Estado: Activa/Estabilizada Laminar: Severa/Ninguna Regueros: Moderada/Ninguna Cárcavas: Leve/Leve Buen estado	

Tabla A.6. Información relativa a los procesos erosivos en unidades de obra con roturaciones.

-  Variación en las características del suelo
-  Variación en los procesos erosivos → [Zona de control/Zona con obra]
-  Estado de la obra
- pte.:** pendiente; **l.e.:** longitud de escorrentía

En este apartado se definen términos que, por su distinta acepción en el español de México, es conveniente matizarlos; siglas y conceptos que, si bien pueden ser conocidos, no esté de más recordarlos.

Azolvamiento. Colmatación.

Bienes Comunes. En este tipo de propiedad las tierras (**predios**) pertenecen por igual a los habitantes de municipio, si bien normalmente tienen asociado alguien que la explota, en el caso de las tierras agrícolas, y cuyo derecho de aprovechamiento pasa de generación en generación aunque la propiedad sigue perteneciendo a la Comunidad. En las tierras no agrícolas estos derechos de uso pertenecen a todos los habitantes al mismo tiempo, y suelen dedicarse al pastoreo, leñas... La autoridad al respecto es el Comisariado de Bienes Comunes, aunque las decisiones se toman en asamblea local.

Caliche. También llamado “tepetate”, es una capa compacta formada por carbonato cálcico, arcillas inestables y en menor medida, limo; que recubre ciertas formaciones geológicas del Terciario, con un espesor de entre 0,5 y un metro, si bien en ocasiones supera el par de metros. Proceden de la sedimentación de cuencas endorreicas sobre formaciones como la de Yanhuatlán o Teposcolula. Es fácilmente disgregable.

CONAFOR: en México, Comisión Nacional Forestal.

CONANP. En México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Conservación de suelos. Conjunto de obras y prácticas para el control de los procesos de degradación y mantener la productividad potencial de los suelos.

Cultivo de cobertera y de escarda. Los primeros son cultivos tupidos, como el trigo y el frijol, que protegen el terreno durante un ciclo crítico de la erosión y mejoran las propiedades del suelo; mientras que los cultivos de escarda, en este caso el maíz, son aquellos que se siembran en surcos, que pueden tener un mayor interés económico pero mayor tasa de erosión.

Desertificación. Aunque la Real Academia toma como sinónimos desertización y desertificación, en la literatura científica se suele reservar el término desertización para los procesos de formación del desierto que tienen causas puramente naturales y el término desertificación para los procesos que tienen causas antrópicas. De la dificultad para delimitar qué es puramente natural y qué inducido, y del amplio uso que se ha generalizado, se suele emplear el segundo término. Una de las causas desencadenantes del proceso de desertificación es la **degradación del suelo**, como soporte para la vida que es, que supone una pérdida de su productividad y graves consecuencias

ambientales y socioeconómicas. La **erosión**, la salinización o la contaminación de los suelos son procesos concretos que contribuyen a su degradación.

LADA: Land Degradation Assessment in Drylands (Evaluación de Degradación de Suelos en Tierras Áridas), de la FAO.

Mano vuelta: cooperación de un grupo de familias o ciudadanos que se organizan para trabajar en beneficio de uno de los miembros. Es un sistema rotativo, para que todos se beneficien, y es común en la siembra y la cosecha.

Roturación. A diferencia de la acepción castellana del vocablo “roturar”, que supone labrar por primera vez las tierras para ponerlas en cultivo eliminando por completo la cobertura vegetal, en México se refiere al rompimiento y fragmentación en franjas de ancho variable de una capa compactada o material parental intemperizado. Ha sido esta última la acepción la empleada en este estudio.

Roza, tumba y quema. Manejo agrícola para el maíz, podando y deshierbando (roza), cortando y desmontando (tumba) y finalmente quemando los residuos de las operaciones previas y el matorral restante con el fin de dejar las cenizas para el abono de la siembra. En la Región Mixteca se empleaba en laderas, en las que el rápido agotamiento de los suelos hacía que se fueran abandonando las tierras en busca de las siguientes para emplear de nuevo el sistema, lo que contribuyó a la deforestación y erosión de grandes superficies.

Tequio. Es el nombre con el que se conoce en Oaxaca el trabajo comunitario para beneficio colectivo, como la reparación de caminos, realización de obras de conservación de suelos, arreglo de calles... y en las que intervienen hombres y mujeres de todas las edades, si bien a veces sólo participa un miembro por familia, a fin de no desatender las labores propias en el campo. El sentimiento colectivo que ha caracterizado a estas poblaciones siempre ha sido muy fuerte y necesario para realizar arduas tareas imposibles de realizar individualmente.

WOCAT: World Overview of Conservation Approaches and Technologies (Inventario Mundial de Enfoques y Tecnologías para la Conservación de Suelos) de la FAO.